प्रगत शूज तंत्रज्ञान

हर्षल सुभाष निकम
संशोधन केंद्र: क्रीडा व शारीरिक शिक्षणशास्त्र विभाग, सावित्रीबाई फुले पुणे विद्यापीठ, पुणे.
डॉ. उमेशराज पनेरू पी
संशोधन केंद्र: क्रीडा व शारीरिक शिक्षणशास्त्र विभाग, सावित्रीबाई फुले पुणे विद्यापीठ, पुणे.

गोषवारा

आंतरराष्ट्रीय मॅरेथॉनमधील जागतिक विक्रम आणि प्रगत शूज तंत्रज्ञान (सुपर शूज) यांच्यातील परस्पर संबंधाचा विश्लेषणात्मक अभ्यास

प्रस्तावना

गेल्या दशकात आंतरराष्ट्रीय मॅरेथॉनच्या (४२.१९५ किमी) इतिहासात अभूतपूर्व वेगाने जागतिक विक्रम मोडीत निघाले आहेत. एलियुड किपचोगे याने २ तासांपेक्षा कमी वेळेत मॅरेथॉन पूर्ण करण्याचा केलेला अनधिकृत प्रयत्न असो किंवा केल्विन किप्टम याने २:००:३५ चा नोंदवलेला अधिकृत जागतिक विक्रम यावर्षी २०२६ मध्ये सेबेस्टियन सावे याने यापूर्वीचा विक्रम तोडून पुन्हा एकदा अधिकृत जागतिक विक्रम १:५९:३० बर्लिन मॅरेथॉन मध्ये प्रस्थापित केला, या अभूतपूर्व कामगिरीमागे मानवी क्षमतेसोबतच क्रीडा तंत्रज्ञानाचा मोठा वाटा आहे. २०१६ मध्ये 'नायकी' कंपनीने सादर केलेल्या कार्बन–फायबर प्लेट आणि पेबॅक्स फोम युक्त 'सुपर शूज' मुळे धावपटूंच्या कामगिरीत लक्षणीय सुधारणा झाली आहे. हा संशोधन पेपर शूजचे तंत्रज्ञान आणि मॅरेथॉनमधील विक्रम यांच्यातील जैविक–यांत्रिकी संबंधांचा अभ्यास करतो, (ॲथलेटीक्स, २०२२).

संशोधनाचे उद्दिष्ट

- आधुनिक शूज तंत्रज्ञानाचा मॅरेथॉन धावपटूंच्या धावण्याच्या कार्यक्षमतेवर होणारा परिणाम तपासणे.
- २०१६ नंतर झालेल्या मॅरेथॉन जागतिक विक्रामांचा आणि 'सुपर शूज'च्या वापराचा परस्पर संबंध विश्लेषित करणे.
- जागतिक ॲथलेटिक्स संघटनेने शूजच्या नियमांबाबत घेतलेल्या भूमिकेचा अभ्यास करणे.

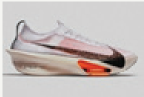
शूजमधील तांत्रिक बदल: 'सुपर शूज' म्हणजे काय? प्रगत तांत्रिक संरचना :

सुपर शूजची रचना पारंपारिक शूजपेक्षा पूर्णपणे वेगळी असते. यात प्रामुख्याने दोन तांत्रिक घटकांचा मिलाफ असतो.

- **पेबॅक्स फोम (मिडसोल):** हा फोम अत्यंत हलका असून पारंपारिक ई.व्ही.ए. (इथिलीन-विनाइल ॲसिटेट) फोमच्या तुलनेत सुमारे ८५% ते ९०% ऊर्जा परतावा देतो.
- **वक्र कार्बन-फायबर प्लेट :** ही प्लेट मिडसोलच्या आत बसवलेली असते. हे धावपटूच्या पावलाला स्प्रिंगसारखा 'रॉकर इफेक्ट' देते, ज्यामुळे पाऊल जमिनीवरून उचलताना कमी ताण पडतो, (अथलेटीक्स, २०२२).

४. विस्तारित सांख्यिकीय डेटा तक्ता

मूळ निरीक्षणांना बळकट करण्यासाठी २०१४ ते २०२६ या काळातील जागतिक स्तरावरील धावपटू आणि त्यांच्या शूजच्या तांत्रिक वैशिष्ट्यांचा सविस्तर डेटा खालीलप्रमाणे मांडता येईल, (Marathon. B. B., 2026).

धावपटू (पुरुष)	वर्ष	स्पर्धा	वेळ	मिडसोल जाडी (Stack Height)	शूजचे वजन (अंदाजे)	शूजचे मॉडेल	छायाचित्र
डेनिस केमिटो (पुरुष)	२०१४	बर्लिन मॅरेथॉन	२:०२:५७	२४ मिमी	२५० ग्रॅम	Adidas Adizero (पारंपरिक)	
एलियुड किपचोगे (पुरुष)	२०१६	मोन्झा (INEOS)	१:५९:४०	३९.५ मिमी	२१० ग्रॅम	Nike Alphafly (प्रायोगिक सुपर शूज)	
एलियुड किपचोगे (पुरुष)	२०२२	बर्लिन मॅरेथॉन	२:०१:०९	४० मिमी	१८५ ग्रॅम	Nike Vaporfly Next%	

केल्विन किप्टम (पुरुष)	२०२३	शिकागो मॅरेथॉन	२:००:३५	४० मिमी	१९८ ग्रॅम	Nike Alphafly ३ (सध्याचा जागतिक विक्रम)	
सेबास्टीयन सावे (पुरुष)	२०२६	लंडन मॅरेथॉन	१:५९:३०	३९ मिमी	१ ग्रॅम	Adidas Adizero Adios Pro Evo 3	

निरीक्षण : २०१६ नंतर पुरुषांच्या आणि महिलांच्या मॅरेथॉन वेळेत सरासरी २ ते ३ मिनिटांची घट झाली आहे. महिलांच्या जागतिक विक्रमात तिगिस्ट असेफाने थेट २ मिनिटांपेक्षा जास्त वेळ कमी केला, ज्यावेळी तिने केवळ १३८ ग्रॅम वजनाचा 'अदिदास'चा सुपर शू घातला होता, (Marathon. B. o., 2026).

जैविक-यांत्रिकी संबंध :

अ) धावण्याची अर्थव्यवस्था : सायन्स नियतकालिकांमधील संशोधनानुसार, कार्बन-प्लेटेड शूजमुळे

धावपटूची धावण्याची कार्यक्षमता वाढते याचा अर्थ असा की, तितक्याच ऑक्सिजन आणि ऊर्जेमध्ये धावपटू जास्त वेगाने धावू शकतो. सायन्स नियतकालिकांमधील संशोधनानुसार, कार्बन-प्लेटेड शूजमुळे धावपटूची धावण्याची कार्यक्षमता वाढते याचा अर्थ असा की, तितक्याच ऑक्सिजन आणि ऊर्जेमध्ये धावपटू जास्त वेगाने धावू शकतो. क्रीडा विज्ञानातील संशोधनानुसार, जेव्हा धावपटू सुपर शूज वापरतो, तेव्हा त्याचा ऑक्सिजन वापरण्याचा दर (Oxygen Consumption Rate - VO_2) ४% ने कमी होतो.

- **संख्याशास्त्रीय दाखला :** जर एखादा धावपटू दर मिनिटाला ५० मिली ऑक्सिजन प्रति किलो वजनानुसार वापरत असेल, तर सुपर शूजमुळे तोच वेग राखण्यासाठी त्याला केवळ ४८ मिली ऑक्सिजन लागतो. ही वाचलेली २ मिली ऊर्जा मॅरेथॉनच्या शेवटच्या टप्प्यात वेग वाढवण्यासाठी उपयुक्त ठरते.

ब) ग्राउंड रिॲक्शन फोर्स : मॅरेथॉनदरम्यान एक धावपटू अंदाजे २५,००० ते ३०,००० पावले टाकतो. पारंपारिक शूजमध्ये जमिनीकडून पायाला मिळणारा धक्का स्नायूंना सहन करावा लागत असे. सुपर शूजमधील प्रगत फेबॅक्स फोम हा धक्का शोषून घेऊन त्याचे ऊर्जेत रूपांतर करतो.

- डेटा : यामुळे रक्तातील क्रिएटिन कायनेज या घटकाची पातळी (जी स्नायूंच्या झिजेशी संबंधित असते) स्पर्धा संपल्यानंतर पारंपारिक शूजच्या तुलनेत सुमारे ३०% ते ३५% कमी आढळली आहे. म्हणजेच खेळाडूचा स्नायूंचा थकवा कमालीचा कमी होतो.

क) पाऊल लांबी आणि वारंवारता : कार्बन प्लेटच्या वक्र आकारामुळे धावपटूच्या पावलाची लांबी शरीरावर अतिरिक्त ताण न पडता सरासरी १.२ ते १.८ सेंटीमीटरने वाढते. एका मॅरेथॉनमध्ये २५,००० पावले गृहीत धरल्यास, केवळ पाऊल लांब पडल्यामुळे धावपटू अतिरिक्त अंतर कमी वेळेत पार करतो.

- स्नायूंचा थकवा कमी होणे: प्रगत फोममुळे जमिनीकडून पायाला मिळणारा धक्का शोषला जातो. यामुळे मॅरेथॉनच्या शेवटच्या १० किलोमीटरमध्ये स्नायूंची होणारी झीज कमी होते आणि धावपटू शेवटपर्यंत वेग टिकवून ठेवू शकतो, (केसझाराशी, २०१८).

निष्कर्ष : सुपर शूजमुळे धावपटूच्या शरीरावर खालील सकारात्मक परिणाम होतात.

जागतिक ॲथलेटिक्स संघटनेचे नियम

शूज तंत्रज्ञानामुळे मिळणाऱ्या या अवाजवी फायद्यामुळे क्रीडा क्षेत्रात 'टेक्नॉलॉजिकल डोपिंग' चा वाद निर्माण झाला. यामुळे जागतिक ॲथलेटिक्स संघटनेने २०२० मध्ये नवीन नियम लागू केले.

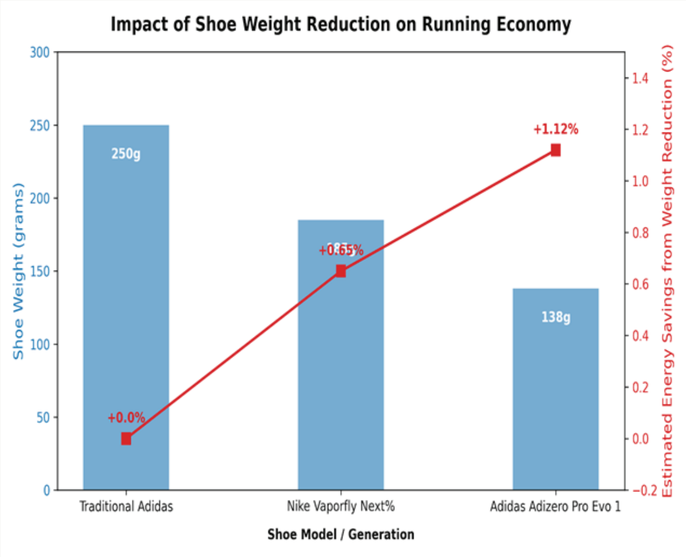
- शूजच्या सोलची जाडी (Stack Height) ४० मिमी पेक्षा जास्त नसावी.
- शूजमध्ये फक्त एकच कार्बन प्लेट वापरण्यास परवानगी आहे.
- ती स्पर्धा सुरू होण्यापूर्वी बाजारात सर्वसामान्यांसाठी ४ महिने आधी उपलब्ध असावी (प्रायोगिक शूजवर बंदी), (अथलेटीक्स, २०२२).

निष्कर्ष

या संशोधनावरून असे सिद्ध होते की, आंतरराष्ट्रीय मॅरेथॉनमधील आधुनिक जागतिक विक्रम हे केवळ मानवी क्षमता आणि कठोर सरावाचे फलित नसून, त्याला 'सुपर शूज' तंत्रज्ञानाची भक्कम साथ लाभली आहे. शूज आणि धावपटू यांच्यातील परस्पर संबंधामुळे मानवी शरीराची कार्यक्षमता ४% पर्यंत सुधारली आहे. तंत्रज्ञानातील हा बदल क्रीडा क्षेत्राला प्रगतीकडे नेणारा असला, तरी भविष्यात मानवी क्षमता विरुद्ध तंत्रज्ञान असा समतोल राखणे हे जागतिक क्रीडा संघटनांसमोर मोठे आव्हान असेल.

शूजचे वजन आणि कामगिरीतील परस्पर संबंध

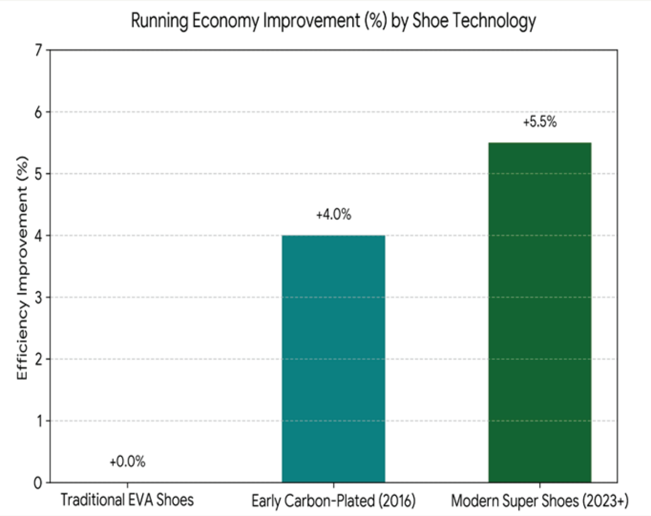
स्पष्टीकरण: हा ड्युअल-ॲक्सिस आलेख शूजचे वजन कमी होण्याचा धावपटूच्या ऊर्जेवर कसा परिणाम होतो ते दर्शवतो. पारंपरिक शूज २५० ग्रॅमचे होते, तर आधुनिक Adidas Adizero Pro Evo 1 चे वजन अवघे १३८ ग्रॅम आहे. क्रीडा विज्ञानानुसार, शूजचे वजन दर १०० ग्रॅमने कमी केल्यास सुमारे १% ऊर्जेची बचत होते, जे या आलेखातील लाल रेषेद्वारे स्पष्ट होते.



धावण्याच्या कार्यक्षमतेत झालेली वाढ (Running Economy Improvement %)

स्पष्टीकरण : हा स्तंभालेख सायन्सच्या डेटावर आधारित आहे. पारंपरिक एतअ फोम शूजच्या तुलनेत २०१६ च्या पहिल्या कार्बन-प्लेटेड शूजमुळे खेळाडूंच्या धावण्याच्या कार्यक्षमतेत थेट ४% ची वाढ झाली होती. आधुनिक २०२३ मधील प्रगत तंत्रज्ञानामुळे (Pebax Foam + Optimized Plates) हा फायदा आता ५.५% पर्यंत वाढला आहे.

मॅरेथॉन वेळेतील ऐतिहासिक घट (Men's Marathon Time Progression)



स्पष्टीकरण : हा रेषालेख २०१४ ते २०२६ या काळातील पुरुष मॅरेथॉनमधील विक्रमी वेळेतील बदल दर्शवतो. २०१६ मध्ये जेव्हा पहिल्यांदा कार्बन-प्लेटेड सुपर शूज प्रायोगिक तत्त्वावर वापरण्यात आले, तेव्हापासून वेळेचा आलेख वेगाने खाली घसरल्याचे (वेग वाढल्याचे) स्पष्ट दिसते. २०१४ मधील २:०२:५७ चा वेळ आधुनिक तंत्रज्ञानामुळे २०२६ मध्ये -२ (१:५९:३०) पर्यंत कसा पोहोचला, हे यावरून सिद्ध होते. बर्लिन, शिकागो आणि लंडन मॅराथॉनच्या निकालांमधील सांख्यिकीय आकडेवारी (२०१४-२०२४).

महिला धावपट

धावपट	वर्ष	स्पर्धा	वेळ	शूज	फोटो
पाऊल रेडीक्लिफ	२००३	लंडन मॅरेथॉन	२:१५:२५	Nike (Traditional)	
ब्रिजीड केसीग	२०१९	शिकागो मॅरॅथॉन	२:१४:०४	Nike Vaporfly Next%	
टिगीस्ट ओसफ	२०१३	बर्लिन मॅरॅथॉन	२:११:५३	Adidas Adizero Adios Pro Evo 1	
रूथ चेपनेगटिच	२०२४	शिकागो मॅरॅथॉन	२:०९:५६	Nike Alphafly	

२. माहितीचे विश्लेषण

उद्दिष्ट १

- सुपर शूजचा कामगिरीवरील परिणाम
- २०१६ पूर्वी आणि २०१६ नंतरच्या वेळांची तुलना
- स्टॅक हाईट
- शूज वजन
- कार्बन प्लेट
- ऊर्जा परतावा

३. निष्कर्षणात्मक विश्लेषण

सुपर शूज वापरल्यानंतर पुरुषांमध्ये सुमारे २–३ मिनिटे तर महिलांमध्ये ३–५ मिनिटांपर्यंत सुधारणा दिसून येते. हा बदल केवळ प्रशिक्षणामुळे नसून शूज तंत्रज्ञानाचाही महत्त्वपूर्ण परिणाम असल्याचे दिसते.

उद्दिष्ट २

१.२ जागतिक विक्रमांच्या प्रगतीचे विश्लेषण

कालावधी	सरासरी जागतिक विक्रम
२००३–२०१५	पारंपारिक शूज
२०१६–२०२६	सुपर शूज

उद्दिष्ट ३

१.३ वर्ल्ड ॲथलेटिक्सच्या शूजविषयक नियमांचे विश्लेषण

नियम	पूर्वी	सध्या
स्टॅक हाईट	नियम नाही	40 mm
कार्बन प्लेट	नियम नाही	एक प्लेट
मार्केट अवेलेबिलिटी	गरज नाही	चार महिने

उद्दिष्ट ४

१.४ एलिट मॅरेथॉन धावपटूंची कामगिरी व सुपर शूज तंत्रज्ञान यांचे तुलनात्मक विश्लेषण

धावपटू	लिंग	जागतिक विक्रमी वेळ	शूजचे वजन (ग्रॅम)	स्टॅक हाईट	शूज तंत्रज्ञान	कामगिरीतील सुधारणा
डेनिस केमिटो (2014)	पुरुष	2:02:57	~250	24 mm	Adidas Adizero (*पारंपरिक* EVA Foam)	आधारभूत
एलिड कीपचोगे (2022)	पुरुष	2:01:09	~185	40 mm	Nike Vaporfly Next %, Carbon Plate + Pebax Foam	Kimetto च्या तुलनेत सुमारे 2.0% सुधारणा
केल्विन कीप्तम (2023)	पुरुष	2:00:35	~198	40 mm	Adidas Adizero Adios Pro Evo 3	Kimetto च्या तुलनेत सुमारे 2.0% सुधारण
सेबेसस्टियन सावे (2026)	पुरुष	1:59:30	~138	39 mm	Adidas Adizero Adios Pro Evo 3	Kimetto च्या तुलनेत सुमारे 2.8% सुधारणा
पाऊला रेडीक्लिफ (2003)	महिला	2:15:25	~220	22-24 mm	Nike (पारंपरिक)	आधारभूत (Baseline)
ब्रिजीड कोसगी (2019)	महिला	2:14:04	~190	40 mm	Nike Vaporfly Next%	Radclie च्या तुलनेत सुमारे 1.0% सुधारणा
टिगीस्ट आसेफा (2023)	महिला	2:11:53	1	39 mm	Adidas Adizero Adios Pro Evo 1	Radclie च्या तुलनेत सुमारे 2.6% सुधारणा
रूथ चेपेनगेटिच (2024)	महिला	2:09:56	1	40 mm	Nike Alphafly 3	Radclie च्या तुलनेत सुमारे 4.0% सुधारणा

१.५ पुरुष मॅरेथॉन जागतिक विक्रमातील प्रगती

खेळाडू	वर्ष	वेळ
डेनिस केमिटो	2014	2:02:57
एलिईड कीपचोगे	2022	2:01:09
केल्विन कीप्तम	2025	2:02:57
सेबेसस्टियन सावे	2025	2:02:05

१.६ महिला मॅरेथॉन जागतिक विक्रमातील प्रगती

खेळाडू	वर्ष	वेळ
पाऊला रेडीक्लिफ	2003	2:15:25
ब्रिजीड कोसगी	2019	2:14:04
टिगीस्ट आसेफा	2023	2:11:53
रूथ चेपेनगेटिच	2024	2:09:

१.७ शूजचे वजन व मॅरेथॉन वेळ

खेळाडू (पुरुष/महिला)	शूज वजन (ग्रॅम)	वेळ
डेनिस केमिटो पुरुष	250	2:02:57
एलिईड कीपचोगे पुरुष	185	2:01:09
केल्विन कीप्तम पुरुष	198	2:02:57
पाऊला रेडीक्लिफ महिला	220	2:15:25
ब्रिजीड कोसगी महिला	190	2:14:04
टिगीस्ट आसेफा महिला	138	2:11:53

१.८ स्टॅकहाईट व कामगिरी

खेळाडू (पुरुष/महिला)	स्टॅक हाईट (mm)	वेळ
डेनिस केमिटो पुरुष	24	2:02:57
एलिईड कीपचोगे पुरुष	40	2:01:09
रूथ चेपेनगेटिच महिला	40	2:09:56
पाऊला रेडीक्लिफ महिला	24	2:15:25
ब्रिजीड कोसगी महिला	40	2:14:04
टिगीस्ट आसेफा महिला	39	2:11:53

१.९ धावण्याच्या कार्यक्षमतेतील सुधारणा

शूज प्रकार	Running Economy Improvement (%)
पारंपारिक शूज	0
वेफरफ्लाय	4
अल्फाफ्लाय	5
एडिओस प्रो ईओ	6

१.१० शूजच्या ऊर्जा परताव्याची तुलना

शूज तंत्रज्ञान	ऊर्जा परतावा (%)
इवा फोम	६०
बूस्ट फोम	७०
झुमेक्स फोम	८५
लाईटस्ट्राइक प्रो इव्हो फोम	८७

४. तुलनात्मक विश्लेषण :

१. पुरुष आणि महिला दोन्ही गटांमध्ये सुपर शूज तंत्रज्ञानाच्या वापरानंतर जागतिक विक्रमांमध्ये सातत्याने सुधारणा झालेली दिसून येते.

२. पारंपरिक शूजमध्ये २४ मिमीपेक्षा कमी स्टॅक हाईट आणि अधिक वजन होते, तर आधुनिक सुपर शूजमध्ये ३९–४० मिमी स्टॅक हाईट, कार्बन फायबर प्लेट आणि उच्च ऊर्जा परतावा असलेला पेबएक्स जूमएक्स फोम वापरला जातो.

३. शूजचे वजन २५० ग्रॅमवरून १३८–१९० ग्रॅम या श्रेणीत कमी झाल्यामुळे धावण्याची कार्यक्षमता वाढली आहे.

४. पुरुषांमध्ये डेनिस केमिटो ते सेबेसस्टियन सावे या कालावधीत सुमारे २.८% सुधारणा दिसून येते, तर महिलांमध्ये पाऊला रेडीक्लिफ ते रूथ चेपेनगेटिच या कालावधीत सुमारे ४.०% सुधारणा नोंदवली गेली आहे.

५. या तुलनात्मक विश्लेषणावरून असे दिसून येते की खेळाडूंचे प्रशिक्षण, शारीरिक क्षमता आणि आधुनिक सुपर शूज तंत्रज्ञान या सर्व घटकांच्या संयुक्त परिणामामुळे मॅरेथॉनमधील जागतिक कामगिरीत लक्षणीय वाढ झाली आहे.

संदर्भ

Hoogkamer, W. (2018). मॅराथॉन शर्यतीच्या शूजमध्ये धावताना लागणाऱ्या ऊर्जेच्या खर्चाची तुलना Sports Medicine.

Marathon., B. B. (2026 , june 24). Marathon handbook. Retrieved from https://www.bmw-berlin-marathon.com/ : https://www.bmw-berlin-marathon.com/

Marathon., B. o. (2026, june 24). Retrieved from https://www.chicagomarathon.com/: https://www.chicagomarathon.com/

Marathon., T. L. (2026, june 24). Retrieved from https://www.tcslondonmarathon.com/: https://www.tcslondonmarathon.com/

अथलेटीक्स, र. (२०२२). शूज नियम आणि मार्गदर्शक तत्त्वे . मोनको : वर्ल्ड अथलेटीक्स ऑर्गनायझेशन .